

POTASIO EN SUELOS DE GALICIA Y SU RELACIÓN CON LA MINERALOGÍA

C. LÓPEZ MATEO, E. ÁLVAREZ, M.L. FERNÁNDEZ MARCOS

Universidad de Santiago de Compostela. Departamento Edafología y Química Agrícola. Escuela Politécnica Superior. 27002 Lugo. España.

Abstract. Various forms of potassium were determined in A and B horizons from soils developed from different parent materials (granite, Villalba schist, Órdenes schist, slate, amphibolite and serpentinite) in Galicia (NW Spain). Soluble and exchangeable potassium were higher in surface than in subsurface horizons (0,9 and 0,6 respectively mmol/kg average soluble potassium; 2,9 and 1,9 respectively mmol/kg average exchangeable potassium). Non-exchangeable potassium was generally higher than soluble and exchangeable potassium and ranged widely (from 0 to 64,6 mmol/kg). This variability was not related to depth but to type of parent material, clay mineralogy and soil use. The highest non-exchangeable potassium concentrations were found in soils developed from schists, particularly in those with hydroxy-Al vermiculites or interstratified mica-vermiculite and in fertilised soils.

Keywords: potassium, soluble potassium, exchangeable potassium, non-exchangeable potassium, hydroxy-Al vermiculite, interstratified minerals

Resumen. Se estudiaron distintas formas de potasio en horizontes A y B de suelos de Galicia desarrollados sobre distintos materiales originales: granitos, esquistos de Villalba, esquistos de Órdenes, pizarras de Guntín, anfíbolitas y serpentinitas. Los horizontes superficiales presentan mayor cantidad de potasio soluble y potasio de cambio que los subsuperficiales (valores medios de 0,9 y 0,6 mmol/kg, respectivamente, para el potasio soluble y 2,9 y 1,9 mmol/kg para el potasio de cambio). El contenido de potasio no cambiante es generalmente mayor que los de potasio soluble y de cambio y muestra una gran variabilidad (entre 0 y 64,6 mmol/kg), no estando relacionado con la profundidad del horizonte y sí con el tipo de material original, la mineralogía de la fracción arcilla y el uso del suelo. Los mayores valores de potasio no cambiante se presentan en suelos desarrollados sobre esquistos, en particular los que poseen vermiculitas hidroxialumínicas e interestratificados y los que han recibido fertilización.

Palabras clave: potasio, potasio soluble, potasio de cambio, potasio no cambiante, vermiculitas hidroxialumínicas, minerales interestratificados.

INTRODUCCIÓN

Los bajos contenidos de potasio asimilable son con frecuencia un factor limitante de la producción agrícola en suelos gallegos (Calvo *et al.*, 1992), particularmente en aque-

llos que presentan alta capacidad de fijación de potasio o para cultivos (como la patata) altamente exigentes en este nutriente.

La mayor parte del potasio del suelo se encuentra formando parte de las redes cristalinas de minerales primarios o secun-

darios (Sparks y Huang, 1985). Junto a estas formas difícilmente movilizables, el potasio está presente en la disolución del suelo, en el complejo de cambio y en posiciones en las que es lentamente cambiante, además de formar parte de la materia orgánica del suelo. El K soluble y el K de cambio se consideran generalmente las formas disponibles para las plantas. Otras formas no disponibles pueden transformarse lentamente en formas asimilables, constituyendo reservas a medio o largo plazo (Jackson, 1964; Sparks y Huang, 1985). La concentración de potasio en la disolución del suelo y la capacidad tampón del mismo determinan el suministro de potasio a las plantas (Barber, 1984). El diagnóstico de la fertilidad potásica de los suelos se basa habitualmente en el potasio de cambio; sin embargo, el potasio no cambiante contribuye con frecuencia de forma significativa a la nutrición de las plantas (Bertsch y Thomas, 1985; Schneider, 1997).

La disponibilidad del potasio en los suelos está condicionada en gran medida por la mineralogía, que, a su vez, depende considerablemente del material original.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar los contenidos de distintas formas de potasio en suelos representativos de Galicia desarrollados a partir de distintos materiales originales y relacionar estos contenidos con la mineralogía de la fracción arcilla y el uso del suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este ensayo se tomaron muestras de horizontes A y B de suelos de Galicia desarrollados sobre distintos materiales de partida: granito, esquistos de Villalba, esquistos de Órdenes, pizarras de Guntín, anfibolitas y serpentinitas. Los datos generales de los perfiles estudiados se presentan en la Tabla 1.

Determinación de distintas formas de potasio

El potasio soluble se determinó por extracción de 3 g de suelo con 30 ml de CaCl_2 0,01 M, durante 12 horas, en un agitador rotatorio.

El potasio de cambio se determinó por desplazamiento con NH_4Cl 1M sin tamponar (Peech *et al.*, 1947).

Para la determinación del potasio no cambiante se usó el método de Knudsen *et al.*, (1982), consistente en la extracción de 2,5 g de suelo con 25 ml de HNO_3 1M a ebullición durante 10 minutos. El potasio no cambiante se calcula como la diferencia entre el determinado en este extracto y el potasio de cambio.

En todos los casos, el potasio se determinó en los extractos por espectrofotometría de emisión de llama.

La mineralogía de la fracción arcilla se estudió mediante difracción de rayos X, utilizando las técnicas de polvo cristalino y agregado orientado, en un difractómetro Philips modelo PW 1710/30, que utiliza la radiación K_α del cobre y filtro de níquel.

El análisis de varianza y comparación de medias se llevó a cabo mediante el programa SPSS 10 para Windows.

RESULTADOS

Potasio soluble.

Las concentraciones de potasio soluble oscilan entre un valor máximo de 2,2 y un valor mínimo de 0,05 mmol/kg para horizontes superficiales mientras que en horizontes subsuperficiales oscilan entre 1,02 y 0,4 mmol/kg (Tabla 2).

La concentración de potasio soluble disminuye en general de los horizontes superficiales a los profundos (Fig.1), como ocurre habitualmente con las concentraciones de cationes alcalinos y alcalinotérreos en la disolución del suelo (Fernández Marcos *et al.*, 1980; Calvo *et al.*, 1987; Fernández Marcos y Macías, 1987). Pal *et al.* (1999) encon-

TABLA I. Datos generales de los perfiles estudiados

Perfil	Material original	Localización	Clasificación FAO (1990)	Horizonte	Profundidad (cm)	pH H ₂ O	Uso
G1	Granito	Castroverde (Lugo)	Cambisol húmico	A (*) Bw (*) C	0-21 21-50 >50	4,77 4,87	Robledal
G2	Granito	Cervo (Lugo)	Regosol úmbrico	A (*) C	0-25 >25	4,66	Prado
A1	Anfibolita	Arzúa (A Coruña)	Alisol úmbri- co	A (*) Bt ₁ (*) Bt ₂ (*) C	0-35 35-60 60-120 >120	5,00 5,15 4,97	Prado
A2	Anfibolita	Arzúa (A Coruña)	Andosol úmbrico	A (*) Bw (*) C	0-25 25-55 >55	5,10 4,69	Pinar
E1	Esquisto de Villalba	O Picato (Lugo)	Cambisol húmico	A (*) Bw (*) C	0-50 50-105 >105	5,50 5,15	Matorral
E2	Esquisto de Villalba	O Picato (Lugo)	Cambisol húmico	A (*) Bw (*) C	0-20 20-65 >65	6,14 5,28	Prado
EO1	Esquisto de Ordenes	O Pino (A Coruña)	Cambisol húmico	A (*) Bw (*) C	0-45 45-90 >90	4,81 4,86	Frondosas
P1	Pizarra	Guntín (Lugo)	Leptosol úmbrico	A (*) R	0-20 >20	4,61	Matorral
P2	Pizarra	Montecalvo (Lugo)	Leptosol úmbrico	A (*) R	0-25 >25	4,94	Matorral
S1	Serpentinita	Melide (A Coruña)	Leptosol úmbrico	A (*) R	0-25 >25	6,62	Matorral
S2	Serpentinita	Melide (A Coruña)	Regosol úmbrico	A (*) R	0-100 >100	4,79	Prado

G: Suelos desarrollados sobre granitos

A: Suelos desarrollados sobre anfibolitas

E: Suelos desarrollados sobre esquistos de la serie de Villalba

EO: Suelos desarrollados sobre esquistos de la serie de Órdenes

S: Suelos desarrollados sobre serpentinitas

P: Suelos desarrollados sobre pizarras

(*): Horizontes utilizados en el ensayo

TABLA 2. Valor medio y rango de diferentes formas de potasio (mmol K/kg) para 11 horizontes superficiales y 7 horizontes subsuperficiales

Formas de K	Horizontes superficiales		Horizontes subsuperficiales	
	Valor medio	Rango	Valor medio	Rango
K soluble	0,9	0,05-2,2	0,6	0,4-1,0
K cambiante	2,9	1,0-4,8	1,9	1,1-2,5
K no cambiante	14,6	0-64,6	20,1	4,9-28,1

traron también una disminución de potasio soluble de los horizontes superficiales a los profundos en suelos del Suroeste de Australia con altos contenidos en feldspatos y micas. Estos autores obtienen como valor medio 0,41 mmol/kg para horizontes superficiales y 0,13 mmol/kg para horizontes subsuperficiales, siendo sus valores inferiores a los del presente trabajo.

Rubio y Gil-Sotres. (1997) estudiaron 50 horizontes superficiales de Inceptisoles de Galicia, desarrollados sobre distintos materiales originales, obteniendo un valor medio de 0,36 mmoles/kg para el potasio soluble.

Potasio de cambio

Los datos muestran que las concentraciones de potasio de cambio varían dentro de un pequeño rango, con un valor medio de 2,9 mmol/kg para horizontes superficiales y 1,9 mmol/kg para horizontes subsuperficiales (Tabla 2). En horizontes superficiales oscila entre 1,0 y 4,8 mmol/kg mientras que para horizontes subsuperficiales oscila entre 1,1 y 2,5 mmol/kg. Lo mismo que el potasio soluble, disminuye de los horizontes superficiales a los profundos.

En el caso del potasio de cambio, Pal *et al.* (1999) también publican valores más bajos que los del presente trabajo, con un valor medio de 1,5 mmol/kg para horizontes superficiales y 1,1 mmol/kg para horizontes subsuperficiales. El valor medio publicado por Rubio y Gil-Sotres., (1997) es de 2,77 mmoles/kg, muy similar al del presente trabajo.

Potasio no cambiante

Los datos muestran que las concentraciones de potasio no cambiante oscilan entre 0 y 64,6 mmol/kg para horizontes superficiales, mientras que para horizontes subsuperficiales oscilan entre 4,9 y 28,1 mmol/kg. A diferencia de las formas más lábiles de K (soluble y de cambio), no hay una tendencia definida de variación de K no cambiante entre los horizontes superficiales y subsuperficiales.

Generalmente los contenidos de K no cambiante son considerablemente más altos que los de potasio soluble y de cambio. Se exceptúan los dos suelos sobre pizarras y el menos evolucionado de los suelos sobre serpentinitas (Fig. 1).

Pal *et al.* (1999) publican valores medios de K no cambiante de 1,8 mmol/kg para los superficiales y 1,3 mmol/kg para los horizontes subsuperficiales, valores también inferiores a los del presente estudio y considerablemente más altos que los contenidos correspondientes de K soluble y de cambio. El valor medio presentado por Rubio y Gil-Sotres. (1997) es de 7,85 mmol/kg.

Discusión

En los dos suelos sobre pizarras, el análisis de difracción de rayos X pone de manifiesto la existencia de vermiculitas hidroxialumínicas y/o interstratificados illita-vermiculita. Estos minerales deben proporcionar al suelo la capacidad de retener potasio en forma fijada (no cambiante). La escasez o ausencia de potasio no cambiante en estos

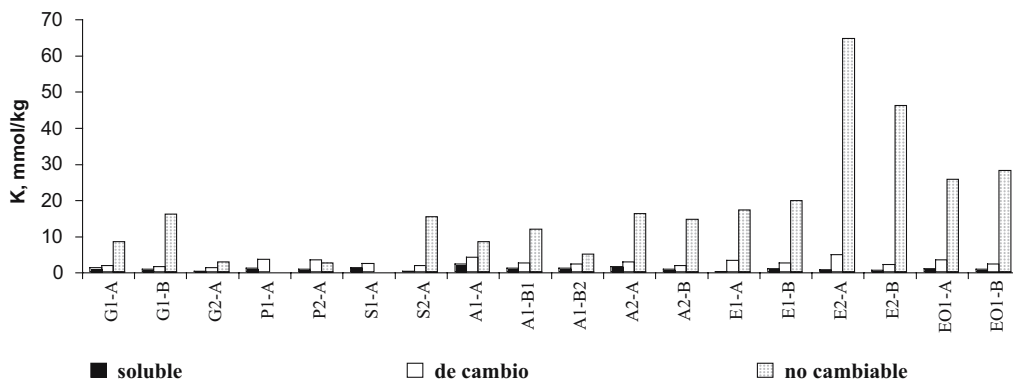


FIGURA 1. Formas de potasio en los horizontes estudiados.

suelos se interpreta como consecuencia de la escasez de distintas formas de potasio. Se trata de suelos ácidos (pH en agua 4,61 y 4,94), sometidos a importante lixiviación. Son suelos de monte, que no reciben fertilización. El K del suelo debe provenir mayoritariamente de la descomposición de la materia orgánica, que es abundante (son los más ricos en C orgánico de los suelos estudiados). Los bajos contenidos de K en el suelo corresponden principalmente a formas lábiles (soluble y cambiabile), procedentes de la descomposición de la materia orgánica. En resumen, la ausencia de K no cambiabile resulta, no de la ausencia de posiciones de adsorción (existen vermiculitas e interestratificados), sino de la carencia general de K en el suelo.

El suelo S1 es un suelo poco evolucionado desarrollado sobre serpentinitas. La escasa evolución se pone de manifiesto por la existencia únicamente de un horizonte A de poco espesor (25 cm), que descansa sobre la roca alterada, por el valor relativamente alto de pH (pH- H₂O = 6,62) y por el alto contenido de Mg de cambio (159 mmol/kg). En este caso, la ausencia de K no cambiabile debe atribuirse fundamentalmente a la pobreza en K del material original. Además el mineral interestratificado presente en cantidades traza

es indudablemente de tipo magnésico y no aluminico; el predominio absoluto de Mg sobre K en el complejo de cambio elimina toda posibilidad de que el K desplace al Mg de las intercapas de este mineral.

Por el contrario, el suelo S2, desarrollado también sobre serpentinitas, es un suelo muy evolucionado. Este hecho se pone de manifiesto por la profundidad del suelo (más de 100 cm), el pH ácido (pH-H₂O = 4,79) y el claro predominio del Al en el complejo de cambio. El análisis de difracción de rayos X pone da manifiesto la presencia de vermiculita, que en este caso debe ser hidroxialumínica, que proporciona posiciones para la fijación de K. Este suelo presenta un contenido de K no cambiabile que, sin ser muy elevado, es alto en relación con el suelo S1 y con los contenidos de K lábil en este mismo suelo. El uso de este suelo es una pradera, por lo que se puede presumir que ha recibido fertilización, dada la infertilidad natural de los suelos sobre serpentinitas. El predominio del K no cambiabile sobre el cambiabile indica que una parte considerable del potasio aportado como fertilización ha sido fijado por la arcilla.

Resulta destacable la diferencia entre los contenidos de K no cambiabile de los perfiles G1 y G2, ambos desarrollados sobre

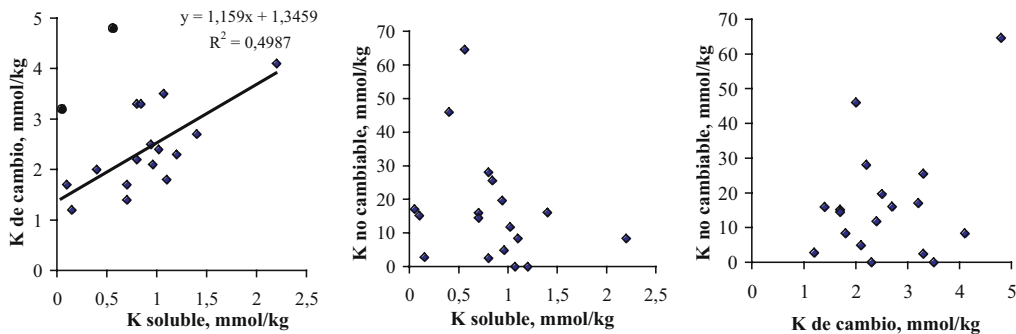


FIGURA 2. Relación entre las distintas formas de potasio estudiadas.

granito. Los dos perfiles presentan en su fracción arcilla ilitas degradadas (vermiculitas hidroxialumínicas en G1, vermiculitas e interestratificados en G2), que proporcionan posiciones para la fijación de K. El mayor contenido de K no cambiante en el suelo G1 se interpreta como resultado de un enriquecimiento en K de los horizontes superficiales de este suelo, que sostiene un robleal antiguo. La vegetación arbórea juega un papel importante en la traslocación de potasio del horizonte C, rico en minerales primarios, al horizonte A, al que se incorpora por la deposición de hojarasca. Una parte importante de este potasio incorporado al horizonte A (y que alcanza, por percolación, el horizonte B) es fijado en las intercapas de minerales vermiculíticos. El perfil G2 es, aparentemente, más pobre en potasio, lo que se traduce en un menor contenido de K no cambiante.

Los perfiles G1, S2, A1, A2 y E1 presentan contenidos similares de potasio no cambiante. Todos ellos muestran, según el análisis de difracción de Rayos X, la presencia en su fracción arcilla de vermiculitas hidroxialumínicas y, en algún caso, interestratificados, que proporcionan las posiciones para la fijación de potasio.

El suelo E2 presenta los mayores valores de K no cambiante. Presenta una mineralogía de la arcilla similar a la del suelo E1 pero, a diferencia de éste, que es un suelo "a monte",

el E1 está dedicado a prado. El alto contenido de K no cambiante en este caso procede presumiblemente del K aportado como fertilizante.

El suelo desarrollado sobre esquistos de Órdenes (EO1) ocupa el segundo lugar en cuanto a contenido de K no cambiante. La presencia de vermiculitas e interestratificados, junto con los elevados contenidos de arcilla y limo, explican su capacidad de fijación de K.

Considerando todo el conjunto de muestras, se encuentran diferencias significativas, al nivel de confianza del 95%, para el potasio de cambio entre los horizontes superficiales (media 2,90 mmol/kg) y los subsuperficiales (media 1,90 mmol/kg).

Teniendo en cuenta el tipo de material, se encuentran diferencias significativas, al nivel de confianza del 95% (test de Tukey), para el potasio no cambiante, presentando el valor más alto los esquistos de Villalba (valor medio 36,85 mmol/kg) y el más bajo, las pizarras (valor medio 1,25 mmol/kg). Los bajos valores de K no cambiante en los suelos de pizarra resultan de la escasez de potasio en el material original. El valor medio elevado para los suelos derivados de esquistos de Villalba se relaciona con la presencia de vermiculitas hidroxialumínicas e interestratificados.

Se estudiaron las correlaciones entre las tres formas de potasio. Se encontraron correlaciones significativas ($P < 0,01$) entre

el potasio cambiante y el potasio soluble, mientras que entre el potasio cambiante y el no cambiante y entre el potasio no cambiante y el soluble no se obtuvieron correlaciones significativas (Fig. 2). El coeficiente de correlación que se obtuvo entre el potasio cambiante y el potasio soluble fue $r = 0,706$, si se exceptúan dos horizontes (E1A y E2A), que se apartan de la tendencia general.

La buena correlación entre el K soluble y de cambio refleja la facilidad con que se alcanza el equilibrio entre estas dos formas de K. Del mismo modo, la ausencia de equilibrio entre K no cambiante y K cambiante explica la falta de correlación.

CONCLUSIONES

Los suelos estudiados, representativos de suelos no cultivados de Galicia, presentan, en general, contenidos de potasio no cambiante significativamente más altos que los contenidos de potasio más lábil (soluble y de cambio). Este potasio no cambiante, moderada a escasamente disponible para las plantas, constituye una reserva de fertilidad a medio plazo. Se exceptúan de este comportamiento general los suelos derivados de pizarras, un suelo derivado de granito y un suelo derivado de serpentinita, que presentan muy bajos contenidos de potasio no cambiante.

Los contenidos de potasio no cambiante varían ampliamente, no estando esta variabilidad relacionada con la profundidad del horizonte y sí con el tipo de material original, la mineralogía de la fracción arcilla (presencia de vermiculitas hidroxialumínicas e interestratificados) y el uso del suelo.

Todos los suelos estudiados presentan un enriquecimiento en las formas más lábiles de potasio (soluble y de cambio) en los horizontes superficiales.

Existen correlaciones significativas entre los contenidos de potasio soluble y de cambio, como era de esperar, mientras que el

potasio no cambiante no se correlaciona con las formas más lábiles.

REFERENCIAS

- Barber, S.A. (1984). *Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach*. J. Wiley & Sons. New York. USA.
- Bertsch, P.M.; Thomas, G.W. (1985). Potassium status of temperate region soils. En: R.D. Munson (ed.) *Potassium in Agriculture*, pp. 131-162. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Calvo, R.; Fernández Marcos, M. L.; Veiga, M.A. (1987). Composición de la solución del suelo en medios naturales de Galicia. *Anal. Edafol. Agrobiol.* 46, 621-641.
- Calvo, R.; Macías, F.; Riveiro, A. (1992). *Aptitud agronómica de los suelos de la provincia de La Coruña*. Diputación Provincial de La Coruña. La Coruña. España.
- Fernández Marcos, M.L.; Macías, F. (1987). Variación estacional de la composición de la disolución de suelos de Galicia en relación con el tipo de horizonte y material original. *Anal. Edafol. Agrobiol.* 46, 53-65.
- Fernández Marcos, M.L.; Macías, F.; Guitián Ojea, F. (1980). Estudio comparativo de dos métodos de obtención de la solución del suelo, aplicación al estudio de la solución de suelos podsólicos de Galicia. *Anal. Edafol. Agrobiol.* 39, 1587-1607.
- Jackson, M.L. (1964). Chemical composition of soils. En: F.E. Bear (ed.) *Chemistry of the soil*, pp. 77-141. Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
- Knudsen, D.; Peterson, G.; Pratt, P. (1982). Lithium, sodium, and potassium. En: Page et al. (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, pp. 225-246. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

- Pal, Y.; Wong, M.T.F.; Gilkes, R.J. (1999). The forms of potassium and potassium adsorption in some virgin soils from South-Western Australia. *Aust. J. Soil Res.* 37, 695-709.
- Peech, L.; Alexander, L.T.; Dean, L.A. (1947). Methods of Soil Analysis for Soil Fertility Investigations. USDA Cir. n° 757.
- Rubio, B.; Gil-Sotres, F. (1997). Distribution of four major forms of potassium in soils of Galicia. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 28, 1805-1816.
- Schneider, A. (1997). Release and fixation of potassium by a loamy soil as affected by initial water content and potassium status of soil samples. *Eur. J. Soil Sci.* 48, 263-271.
- Sparks, D.L.; Huang, P.M. (1985). Physical chemistry of soil potassium. En: R.D. Munson (ed.) *Potassium in Agriculture*, pp. 201-276. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.